



TITLE:

26.殺虫剤の昆虫に対する致死作用に関する研究(第2報) 数種殺虫剤のハスモンヨトウ幼虫およびハチミツガ幼虫に対する殺虫効力の定量的表現法

AUTHOR(S):

佐藤, 仁彦; 諏訪内, 正名

CITATION:

佐藤, 仁彦 ...[et al]. 26.殺虫剤の昆虫に対する致死作用に関する研究(第2報) 数種殺虫剤のハスモンヨトウ幼虫およびハチミツガ幼虫に対する殺虫効力の定量的表現法. 防虫科学 1976, 41(4): 152-176

ISSUE DATE:

1976-11-30

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/158935>

RIGHT:

Studies on the Toxic Action of Insecticides against Insects. II. Quantitative Expression of Toxicities of Several Insecticides against Larvae of the Tobacco Cutworm, *Spodoptera litura* (Fab.) (Lepidoptera: Noctuidae) and of the Greater Wax Moth, *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae). Kimihiko Sato and Masana Suwanai (Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology, Fuchu, Tokyo, Japan) Received May 21, 1976. *Botyu-Kagaku*, 41, 152, 1976. (with English Summary 159)

26. 殺虫剤の昆虫に対する致死作用に関する研究 (第2報) 数種殺虫剤のハスモンヨトウ幼虫およびハチミツガ幼虫に対する殺虫効力の定量的表現法 佐藤仁彦, 諏訪内正名 (東京農工大学農学部, 東京都府中市幸町3-5) 51. 5. 21 受理

- (1) 人工飼料で飼育した令の異なるハスモンヨトウ幼虫に対する5種殺虫剤 (DDVP, マラソン, パラチオン, γ -BHC および NAC), およびハチミツガ幼虫に対する3種殺虫剤 (DDVP, パラチオンおよび γ -BHC) の施用薬量・致死時間の関係を調べた。
- (2) 殺虫剤の施用には, 供試虫に所定濃度の薬液をマイクロピペットを用いて塗布する方法を適用した。この場合, 施用薬量 (W) は薬液濃度と塗布容量の積によって求まる。
- (3) 処理後の幼虫を1頭づつ小型シャーレに移し, 活動状況を詳細に観察し, 全く動かなくなる時点を致死とした。
- (4) 体重が一定の虫の個体群については, 限界致死施用薬量を W_0 , 限界致死時間を T_0 とすれば, 施用薬量 W と致死時間 T の関係は, $(W - W_0)(T - T_0) = K$ の式で表わされる関係にあり, K は定数となる。虫の体重が大になるにしたがって, K の値は大になるが, K と虫の体重 (M) との関係は $K = aM + B$ なる一次式で表わし得ることが判った。a, B は虫と殺虫剤との組合せによって決まる定数である。
- (5) 施用薬量を μg , 致死時間を hr, 虫体重を mg で表わすと, ハスモンヨトウ幼虫の場合には, DDVP, マラソン, パラチオン, γ -BHC および NAC について, a はそれぞれ, 0.11, 1.7, 0.15, 1.0 および 0.62 (10^{-3}hr) の数値となり, B はそれぞれ, 0, -4.0, 4.0, -7.0 および 0 ($\mu\text{g}\cdot\text{hr}$) の数値となった。また, ハチミツガ幼虫の場合, DDVP, パラチオンおよび γ -BHC について, a はそれぞれ, 0.18, 5.0 および 24 (10^{-3}hr), B は 0, 80 および 0 ($\mu\text{g}\cdot\text{hr}$) の数値となった。
- (6) 実験結果を整理して得られた $K = aM + B$ という一次式の係数 a と B 項の値の大小により当該昆虫に対する供試薬剤の効力を推定できることが判った。

令の異なるハスモンヨトウ幼虫に対する殺虫剤の効力については, サリチオン, ランネットの LD_{50} 値についての葛西・尾崎¹⁾の報告, ランネット, ダースバンの LC_{50} についての清家ら²⁾の報告, EPN, DDVP, PAP およびエンドリンの LC_{50} についての杉野ら³⁾の報告があり, それらはいずれも幼虫の令が進むにつれて, 各薬剤の LD_{50} 値あるいは LC_{50} 値が順次増加するとしているが, 体重との関係を定量的に表わしている報告はない。

薬剤による昆虫の致死薬量については, 諏訪内^{4,5,6)}が先きにアズキゾウムシ成虫を対象に数種殺虫剤の施用薬量一致死時間の関係を表わす実験式として,

$$(W - W_0)(T - T_0) = K \quad (1)$$

を提示した。ここに, W: 施用薬量, W_0 : 限界致死施用薬量, T: 致死時間, T_0 : 限界致死時間, K は定数となる。

前報⁷⁾では, 半合成飼料で飼育した令の異なるヨト

ウガ幼虫に対する数種殺虫剤の効力を調べ, 施用薬量と致死時間の関係は, (1)式で表わされ, K は定数となり, しかも, K の値が虫の体重 (M) と一次の関係

$$K = aM + B \quad (2)$$

で表わし得ることを報告した。

本報告は DDVP, マラソン, パラチオン, γ -BHC および NAC を人工飼育したハスモンヨトウ幼虫に, また DDVP, パラチオンおよび γ -BHC をハチミツガ幼虫に施用した場合, 同様のことが成り立つかどうかを確かめるために行なった結果を取りまとめたものである。

本文に入るに先立ち, ハスモンヨトウ幼虫の提供並びに飼育方法等の御教示をいただいた農林省四国農業試験場釜野静也, 小山光男両氏に厚くお礼を申し上げます。またハチミツガ幼虫の飼育に関し懇切な助言を下された東京教育大学農学部八木繁実, 安居院宣昭両氏に深謝する。

材 料

供試昆虫：ハスモンヨトウ幼虫—農林省四国農業試験場虫害研究室において人工飼料⁹⁾を与えて累代飼育中のもので、体重 10mg (2 令)～860mg (6 令) の範囲の幼虫を、それぞれの実験目的の体重に到達した時点において均一な体重個体を選び出して供試した。ハチミツガ幼虫—人工飼料⁹⁾を与え、暗所、28°C で飼育したもので、体重 10mg～180mg の範囲の幼虫を、それぞれの実験目的の体重に到達した時点において均一な体重個体を選び出して供試した。

供試薬剤：前報⁷⁾と同じ DDVP、マラソン、パラチオン、 γ -BHC および NAC の 5 種を供試し、所定薬液を作製した。

実験および観察

薬剤施用法および施用薬量の求め方：マイクロペット¹⁰⁾を用いて薬液を虫体に塗布する方法を採用した。この方法では、供試薬液の濃度を Sc、塗布液の容量を Sv とすると、施用薬量 W は、 $W = Sc \times Sv$ で求まる。

この施用方法では、薬液が損失なく虫体全面に均一に塗布されることが好ましい。そのため、あらかじめ供試虫に対し上の条件をみたす塗布容量を調べ、適当なマイクロペットを用いることにした。体重 10mg の幼虫の場合 1 μ l、100mg の幼虫で 5 μ l の容量のものが適当であった。

処理昆虫の致死までの状態変化の表現法および致死時間の決め方：薬剤処理後の虫は薬剤の施用量および質等によって異なるが、作用が強い場合には、はじめの正常状態から種々の症状を経て死の状態に到達することになる。種々の症状の状態を 6 種の状態¹¹⁾に分けて数値化し、状態 V (刺激を与えても全く反応を示さない) に至ったものを致死と判定した。薬剤処理時から致死までに要した時間をその虫の致死時間 (T) とし、以後の観察を打ち切った。

ハスモンヨトウ幼虫についての実験

(i) **DDVP：**体重 (10 \pm 0.5) mg, (40 \pm 1) mg, (100 \pm 2) mg, (210 \pm 3) mg および (860 \pm 10) mg の虫を供試した場合、Table 1 は 1 頭の虫のおのの第 2 項の濃度の薬液を第 3 項の容積だけマイクロペットで塗布した場合の条件、計算値、致死時間の観測値などを取りまとめたものである。施用薬量 (W) は第 2 項 (Sc) と第 3 項 (Sv) の数値の積によって求まり、第 4 項の値となる。それに対応する 5 回反復の平均致死時間は第 5 項 (T) の値となる。薬剤施用後の虫を 1 頭づつシャーレに移し、25°C において観察した。

(ii) **マラソン：**体重 (10 \pm 0.5) mg, (40 \pm 1) mg,

(100 \pm 2) mg および (210 \pm 3) mg の虫を供試し、虫 1 頭のおののの上に上記と同じ方法でマラソンを施用した場合の条件、計算値、致死時間の観測値などを取りまとめたものが Table 2 である。施用薬量は第 4 項の値、それに対応する 5 反復の平均致死時間は第 5 項の値となる。

(iii) **パラチオン：**(10 \pm 0.5) mg, (40 \pm 1) mg, (100 \pm 2) mg, (210 \pm 3) mg および (700 \pm 8) mg の虫を供試し、虫 1 頭のおのの上に上記と同じ方法でパラチオンを施用した場合の条件、計算値、致死時間の観測値などを取りまとめたものが Table 3 である。施用薬量は第 4 項の値、それに対応する 5 反復の平均致死時間は第 5 項の値となる。

(iv) **γ -BHC：**(10 \pm 0.5) mg, (40 \pm 1) mg, (120 \pm 2) mg および (380 \pm 5) mg の虫を供試し、虫 1 頭のおのの上に上記と同じ方法で γ -BHC を施用した場合の条件、計算値、致死時間の観測値などを取りまとめたものが Table 4 である。施用薬量は第 4 項の値、それに対応する 5 反復の平均致死時間は第 5 項の値となる。

(v) **NAC：**(10 \pm 0.5) mg, (40 \pm 1) mg, (100 \pm 2) mg, (380 \pm 5) mg および (750 \pm 8) mg の虫を供試し、虫 1 頭のおのの上に上記と同じ方法で NAC を施用した場合の条件、計算値、致死時間の観測値などを取りまとめたものが Table 5 である。施用薬量は第 4 項の値、それに対応する 5 反復の平均致死時間は第 5 項の値となる。

ハチミツガ幼虫についての実験

(i) **DDVP：**体重 (10 \pm 0.5) mg, (25 \pm 1) mg, (60 \pm 2) mg および (180 \pm 3) mg の虫を供試した場合、Table 6 は 1 頭の虫のおのの第 2 項の濃度の薬液を第 3 項の容積だけマイクロペットで塗布した場合の条件、計算値、致死時間の観測値などを取りまとめたものである。施用薬量 (W) は第 2 項 (Sc) と第 3 項 (Sv) の数値の積によって求まり、第 4 項の値となる。それに対応する 5 回反復の平均致死時間は第 5 項 (T) の値となる。薬剤施用後の虫を 1 頭づつシャーレに移し、25°C において観察した。

(ii) **パラチオン：**(10 \pm 0.5) mg, (25 \pm 1) mg, (60 \pm 2) mg および (180 \pm 3) mg の虫を供試し、虫 1 頭のおのの上に上記と同じ方法でパラチオンを施用した場合の条件、計算値、致死時間の観測値などを取りまとめたものが Table 7 である。施用薬量は第 4 項の値、それに対応する 5 反復の平均致死時間は第 5 項の値となる。

(iii) **γ -BHC：**(10 \pm 0.5) mg, (25 \pm 1) mg, (60 \pm 2) mg および (180 \pm 3) mg の虫を供試し、虫 1 頭のおのの上に上記と同じ方法で γ -BHC を施用した場合

の条件, 計算値, 致死時間の観測値などを取りまとめたものが Table 8 である。施用薬量は第 4 項の値, それに対応する 5 反復の平均致死時間は第 5 項の値となる。

結 果

ハスモンヨトウ幼虫についての結果

(i) DDVP: 体重 40mg の供試虫への施用薬量(W)とその薬剤による供試虫 1 頭当りの平均致死時間(T)は Table 1 第 4 項および第 5 項に示す通りである。ここで, これらの数値を, 縦軸に W を横軸に T をとり, 両対数グラフ上に移しプロットすると, Fig. 1 の白三角印のように配置される。同様に, 体重 10, 100, 210 および 860mg の虫についての W と T は同表の第 4 項および第 5 項に示す通りであり, 体重 40mg の場合と同様に, W を縦軸に T を横軸にとり, 両対数グラフとして図示すれば, 体重 40mg と同じ傾向の双

曲線状の配置となるが, 図は省く。

(ii) マラソン: 体重 40mg の供試虫について調べられた施用薬量(W)とそれに対応する虫の平均致死時間(T)は Table 2 第 4 項および第 5 項に示す通りである。これらの数値を, 縦軸に W を横軸に T をとり, 両対数グラフ上にプロットすると, Fig. 1 の黒三角印のように配置される。同様に, 体重 10, 100 および 210mg の供試虫についての W と T は同表の第 4 項および第 5 項に示す通りであり, 体重 40mg の場合と同様に両対数グラフとして図示すれば, 同じ傾向になるが, 図は省略する。

(iii) パラチオン: 体重 40mg の供試虫への施用薬量(W)とそれによる虫の平均致死時間(T)は Table 3 第 4 項および第 5 項に示す通りである。これらの数値を, 上記と同様に両対数グラフ上にプロットすると, Fig. 1 の黒丸印のように配置される。同様に, 体重 10, 100, 210 および 700mg の虫についての W と T は同表

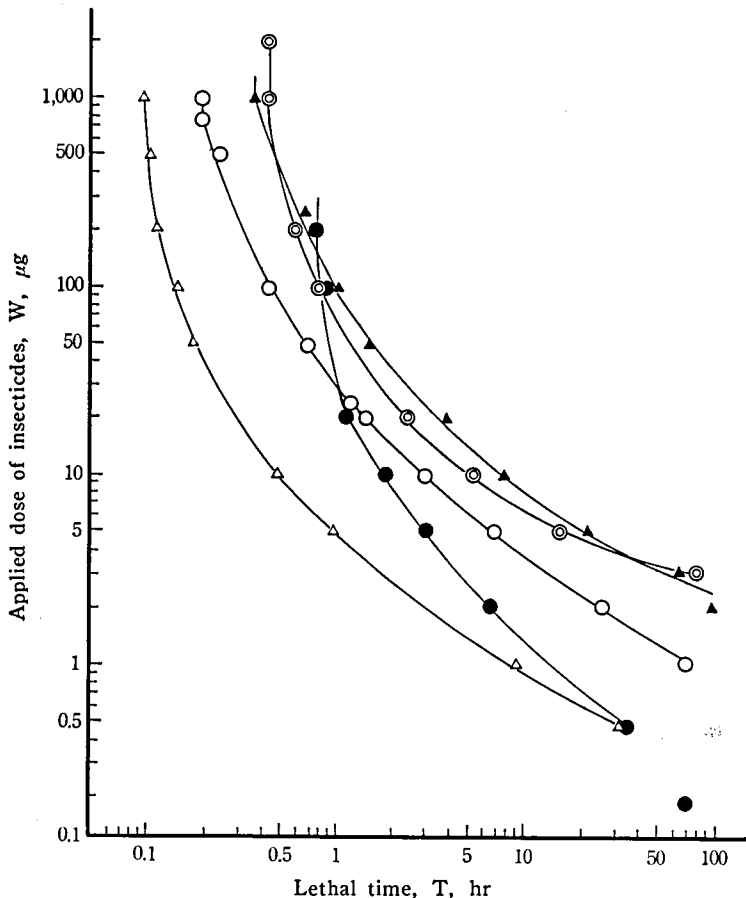


Fig. 1. Relation between the applied dose and the lethal time of five insecticides against 40mg larvae of *S. litura*. Δ : dichlorvos, \blacktriangle : malathion, \bullet : parathion, \odot : γ -BHC, \circ : carbaryl.

の第4項および第5項に示す通りであり、体重 40mg の場合と同様に両対数グラフとして図示すれば、同じ傾向になるが、図は省略する。

(iv) γ -BHC: 体重 40mg の虫への W と T は Table 4 第4項および第5項に示す通りである。これらの数値を上記と同様にグラフ上に図示すると、Fig. 1 の二重丸のように配置される。同様に、体重 10, 120 および 380mg の虫についての W と T は同表に示す通りであり、図示すれば、体重 40mg と同じ傾向となるが、図は省く。

(v) NAC: 体重 40mg の虫への W と T は Table 5 に示す通りである。これらの数値を上記と同様にしてグラフ上にプロットすると、Fig. 1 の白丸印のように配置される。同様に、10, 100, 380 および 750mg の虫についての W と T は同表に示す通りであり、図示すれば、体重 40mg と同じ傾向となるが、図は省略する。

ハチミツガ幼虫についての結果

(i) DDVP: 体重 25mg の供試虫への施用薬量 (W) とその薬剤による供試虫 1 頭当りの平均致死時間 (T) は Table 6 第4項および第5項に示す通りである。これらの数値を、縦軸に W を横軸に T をとり、両対数グラフ上に移しプロットすると、Fig. 2 の白三角印のように配置される。同様に、体重 10, 60 および 180mg の虫についての W と T は同表の第4項および第5項に示す通りであり、体重 25mg の場合と同様に、両対数グラフ上に図示すれば、同じ傾向の双曲線状の配置となるが、図は省く。

(ii) パラチオン: 体重 25mg の供試虫への W とそれに対応する T は Table 7 第4項および第5項に示す通りである。これらの数値を、上記と同様に両対数グラフ上にプロットすると、Fig. 2 の黒丸印のように配置される。同様に、体重 10, 60 および 180mg の虫についての W と T は同表の第4項および第5項に示す

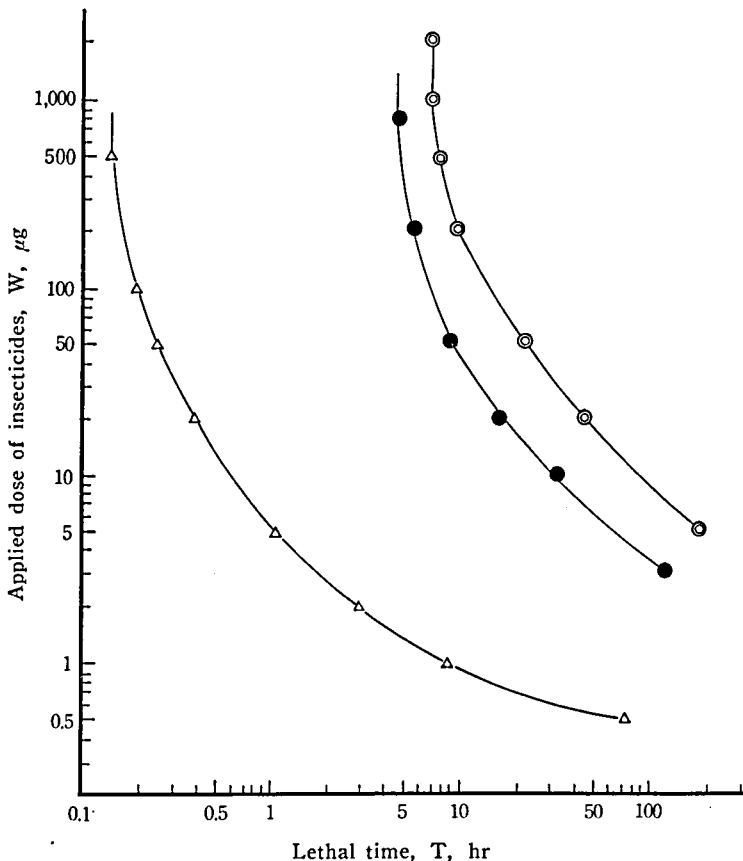


Fig. 2. Relation between the applied dose and the lethal time of three insecticides against 25mg larvae of *G. mellonella*. △: dichlorvos, ●: parathion, ○: γ -BHC.

通りであり、体重 25mg の場合と同様に図示すれば、同じ傾向の双曲線状の配置となるが、図は省略する。

(iii) γ -BHC: 体重 25mg の供試虫への W とそれに対応する T は Table 8 第 4 項および第 5 項に示す通りである。上記と同様に両対数グラフ上にプロットすると、Fig. 2 の二重丸印のように配置される。同様に、体重 10, 60 および 180mg の虫についての W と T は同表に示す通りであり、図示すれば、体重 25mg と同じ傾向の配置となるが、図は省略する。

考 察

体重 40mg のハスモンヨトウ 幼虫 1 頭に対する DDVP の施用薬量 (W) と 5 反復による処理幼虫の平均致死時間 (T) との関係は Fig. 1 に白三角印で示してあるが、これをみると、等辺双曲線の関係に配列させていることが判る。そこで、前報⁷⁾と同じ要領で、限界致死施用薬量 W_0 および限界致死時間 T_0 を Table 1 の数値または Fig. 1 上にそれぞれ求めてみると、 $W_0 = 0.5 \mu\text{g}$ 、 $T_0 = 0.1 \text{ hr}$ となる。ここで、Table 1 の観測値 W, T および上記のようにして求めた W_0 、 T_0 をそれぞれ対応せしめた数値として取りまとめてみると、Table 9 のようになる。これらの数値を、先きに諏訪内^{4,5,6)}が提出した(1)式

$$(W - W_0)(T - T_0) = K \quad (1)$$

に代入してみると、それぞれの実測の W, T について K の値が算出される。このようにして求められた K の数値を Table 9 第 5 項に示す。同様の取り扱いにより、体重 10, 100, 210 および 860mg の虫のそれぞれにつき、 W_0 、 T_0 を求め、Table 1 の観測値 W, T に基づき、K の値を求め、それらを取りまとめてみると、

Table 9 のようになる。

同様の計算をマラソンについて、体重 10, 40, 100 および 210mg のハスモンヨトウ幼虫に対して行ない、得られた K の値は Table 10 第 5 項に示す通りである。

パラチオンについて、体重 10, 40, 100, 210 および 700mg のハスモンヨトウ 幼虫のそれぞれにつき、計算により得られた K の値は Table 11 第 5 項に示す通りとなる。

γ -BHC の場合、体重 10, 40, 120 および 380mg のハスモンヨトウ 幼虫のそれぞれにつき、計算し得られた K の値は Table 12 第 5 項となる。

NAC の場合、それぞれの体重のハスモンヨトウ 幼虫につき、計算により得られた K の値は Table 13 第 5 項のようになる。

Table 9~Table 13 の W_0 、 T_0 、K などの数値を取りまとめ、Table 14 に示した。この表の第 6 項には、Table 9~Table 13 の薬剤別、体重別に得られた K の値の範囲が示してある。第 7 項は平均値、第 8 項は標準偏差を示す。第 9 項 n は K の値が 0 とならない標本数を示す。

体重 25mg のハチミツガ 幼虫 1 頭に対する DDVP の施用薬量 (W) と平均致死時間 (T) との関係は Fig. 2 に白三角印で示してあるが、Fig. 1 と同様に等辺双曲線の関係に配列されている。そこで、上記と同じ要領で、 W_0 および T_0 を Table 6 の数値または Fig. 2 上に求めてみると、 $W_0 = 0.5 \mu\text{g}$ 、 $T_0 = 0.15 \text{ hr}$ となる。ここで、Table 6 の観測値 W, T および上記のようにして求めた W_0 、 T_0 をそれぞれ対応せしめた数値として取りまとめてみると、Table 15 のようになる。

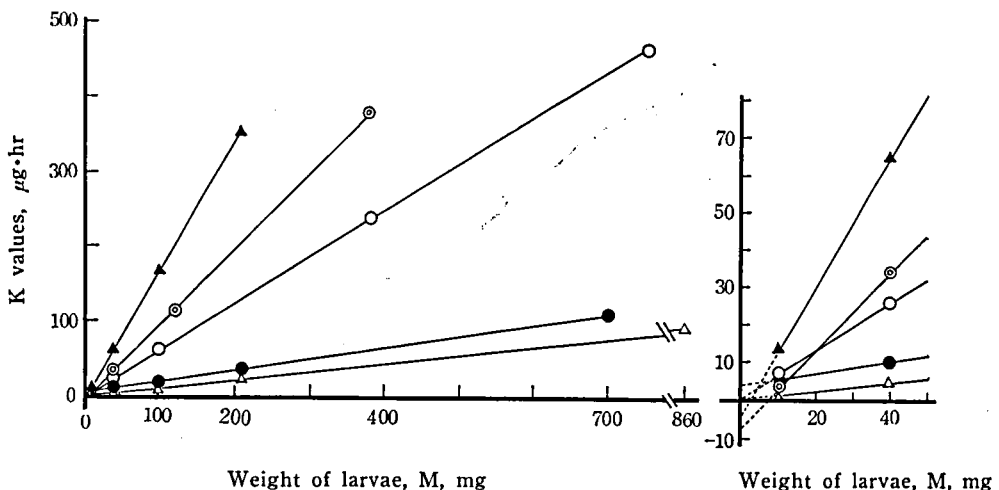


Fig. 3. Relation between K values for dichlorvos (Δ), malathion (\blacktriangle), parathion (\bullet), γ -BHC (\odot) and carbaryl (\circ), and the weight of larvae of *S. litura*.

これらの数値を先きと同様に(1)式に代入してみると、それぞれの実測のW, TについてKの値が算出される。このようにして求められたKの数値を Table 15 第5項に示す。

同様の計算をパラチオンについて、体重10, 25, 60および180mgのハチミツガ幼虫に対して行ない、得られたKの値は Table 16 第5項に示す通りとなる。

γ -BHC の場合、それぞれの体重のハチミツガ幼虫につき、計算し得られたKの値は Table 17 第5項のようになる。

Table 15~Table 17 の W_0 , T_0 , K などの数値を取りまとめ、Table 18 に示した。この表の第5項はKの範囲、第6項は平均値、第7項は標準偏差、第8項 n は $K \neq 0$ の標本数を示す。

次に、Table 14 の DDVP について第3項（ハスモンヨトウ幼虫体重）と第7項（Kの平均値）との関係を図上に移してみる。すなわち、縦軸にKの値、横軸に体重(M)を取り、それぞれの数値をグラフ上に移すと、Fig. 3 白三角印のように直線上に配列される。この直線は虫体重が10~860mgの範囲内のものについて得られたものであり、原点を通過して、方向係数が0.11となっている。すなわち、KとMとは、 $K = 0.11M$ という一次の関係にあることになる。

同様に、マラソンについては、KとMとの関係は同図の黒三角印のように、方向係数1.7、縦軸を切る点が-4.0であることから、 $K = 1.7M - 4.0$ という一次の関係にあることになる。ただし、実験の範囲は、虫体重10~210mgであった。

パラチオンについては、同図の黒丸印のように、方向係数0.15、縦軸を切る点が4.0であることから、KとMとの関係は、一次式 $K = 0.15M + 4.0$ と表わせることになる（虫体重範囲、10~700mg）。

γ -BHC については、同図の二重丸印を結んだように、方向係数1.0、縦軸を切る点が-7.0であることから、KとMとの関係は、 $K = 1.0M - 7.0$ と表わせることになる（虫体重範囲、10~380mg）。

NAC については、同図白丸印を結んだ直線から、方向係数が0.62で原点を通ることが判る。このことから、KとMとは、一次式 $K = 0.62M$ で表わせる関係にあることが判る（虫体重範囲、10~750mg）。

以上の5種薬剤のハスモンヨトウ幼虫に対するKとMとの関係を取りまとめてみると、いずれの場合も、KとMとは一次の関係にある。すなわち、

$$K = aM + B \quad (2)$$

で表わし得ることになる。ただし、Mは虫体重、 a と B とは薬剤に関する定数となる。おのおのの薬剤について、(2)式に a , B , M をそれぞれ代入して算出された計算値を Table 14 第10項に Kcal として示した。

Table 18 の DDVP について第2項（ハチミツガ幼虫体重）と第6項（Kの平均値）との関係を上記ハスモンヨトウ幼虫と同様に図上に移してみると、Fig. 4 の白三角印のように直線上に配列される。この

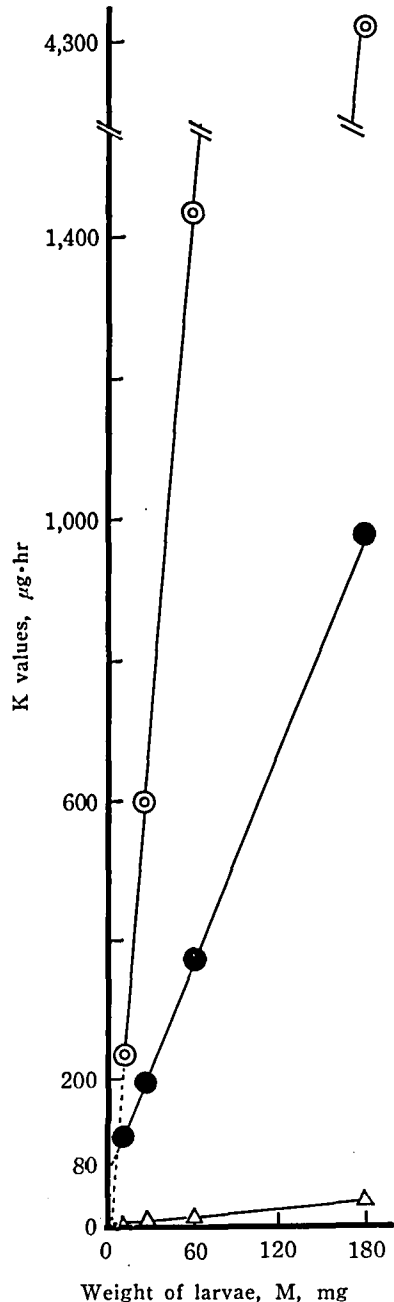


Fig. 4. Relation between K values for dichlorvos (Δ), parathion (\bullet) and γ -BHC (\odot), and the weight of larvae of *G. mellonella*.

直線は原点を通り、方向係数が0.18となっている。すなわち、 $K=0.18M$ という一次の関係にある（虫体重範囲、10～180mg）。

同様にして、パラチオンについては、同図の黒丸印のように、方向係数5.0、縦軸を切る点が80の $K=5.0M+80$ と表わせる直線になる（虫体重範囲、10～180mg）。

γ -BHC については、 K と M との関係は同図二重丸印のように、方向係数24で原点を通る。すなわち、 $K=24M$ と表わせる直線の関係にあることが判る（虫体重範囲、10～180mg）。

以上の3種薬剤のハチミツガ幼虫に対する K と M との関係は、ハスモンヨトウ幼虫の場合と同様に、先述の一次式(2)式で表わし得ることが判った。おのおのの薬剤について、(2)式に a 、 B 、 M をそれぞれ代入して算出された計算値をTable 18第9項にKcalとして示した。

本研究の基本的考え方⁷⁾からすれば、薬剤の効力は K の値が小さいほど大きいことになる。 K の値は、(2)式 $K=aM+B$ において、虫体重(M)の係数 a に主に支配されることから、おおむね、 a の値が小さいほど薬剤の効力が大きいといえよう。

ハスモンヨトウ幼虫に対する5種薬剤の K の値は、Fig. 3のおのおのグラフにみるように、体重が10mg付近では、どの直線もおおむね近接していることから大差ない、つまり、効力は近似的になることが推定される。

微視的ではあるが、体重20mg付近において、 γ -BHCとNACとは直線が交差していることから、両薬剤の効力はこの体重の前後で逆転することになる。

葛西・尼崎¹⁾は本報と同系統（四国農業試験場で累代飼育中のもの）のハスモンヨトウ幼虫を用いて、令期の違いによるサリチオンおよびランネートのLD₅₀値の変動について、清家ら²⁾は松山市で採集した個体群を用いて、ランネットおよびダズバンのLC₅₀値の変動について、杉野ら³⁾は静岡県下圃場で採集した幼虫を用いて、EPN、DDVP、PAPおよびエンドリンのLC₅₀値の変動について調べ、令期が進むとLD₅₀値またはLC₅₀値が順次増大することを報告している。清家ら²⁾および杉野ら³⁾の数値は示強変数であるLC₅₀値を基準にしたもので、本報告の K の値とは直接的に比較できないが、それら三者^{1,2,3)}はいずれも、本研究の虫体重増加に比例して K の値が増大するという結果と本質的には同じ傾向にあることを指摘しているものといえる。

前報⁷⁾で、半合成飼料を用いて飼育した令の異なるヨトウガ幼虫に対するDDVP、マラソン、パラチオン、 γ -BHCおよびNACの K の値と虫体重との関係

について調べ、一般式としては(2)式と全く同じ形 $K=aM+B$ で表わせることを報告したが、係数 a および B の項は、今回の供試虫ハスモンヨトウ幼虫に対する値とは異なっている。例えば、NACの場合、 a の値がヨトウ幼虫に対しては2.1であったが、ハスモンヨトウ幼虫に対しては0.62であり、約3倍になっている。すなわち、前者よりも後者に対して約3倍効力が大であるということになる。

ハチミツガ幼虫に対する3種薬剤の K の値は、Fig. 4のグラフにみるように、DDVPについては、(2)式の a の値が小さく、体重が増加しても K の値がそれほど大きくならないが、パラチオンおよび γ -BHCの場合、体重の増加により K の値が急激に大きくなることが示されている。

前報⁷⁾のヨトウガ幼虫に関するものと、今回のハスモンヨトウ幼虫およびハチミツガ幼虫に関するものとを比較してみると、DDVPについては、 a の値がヨトウガ幼虫、ハスモンヨトウ幼虫およびハチミツガ幼虫に対してそれぞれ、0.10、0.11および0.18であり、近似している。すなわち、効力にあまり差がないと見なしてよい。しかし、パラチオンの場合、 a の値が3種の幼虫に対して、それぞれ、0.07、0.15および5.0とかなり異なっており、さらに、 γ -BHCについてみれば、それぞれ、1.5、1.0および24となっており、昆虫種が異なると a の値が大きく異なっていることが判る。

この要因として考え得ることは、幼虫個々の体成分特に、水分含有量と脂質含有量の比、つまり、おのおのの薬剤の体液と脂質に対する分配率の違い、および薬剤分子の酵素系への到達速度、酵素との反応速度などと考えられるが、これらの点については、今後の研究に待ちたい。

実用面からみると、一次式(2)式の a の値の大小が重要な意味を持つことになる。すなわち、 a の値が小さい場合には、虫体重 M の大小は K の値に大きく響かないが、 a の値が大きい場合には、虫体重 M が大になると、 K の値がそれに応じて急激に大きくなるため、 M が大きい虫を致死させるためには、大量の薬量を要することになる。実用上では、このような a を与える薬剤と虫との組合せの場合には、薬剤の殺虫効果は期待できず、若令幼虫に対してのみ、効力が発揮されることになる。

結 論

令を異にするハスモンヨトウ幼虫に対する5種殺虫剤（DDVP、マラソン、パラチオン、 γ -BHCおよびNAC）、ハチミツガ幼虫に対する3種殺虫剤（DDVP、パラチオンおよび γ -BHC）の施用薬量 W と致死時間

T の関係を調べた結果、それらがいずれも、 $(W-W_0)(T-T_0)=K$ の式で表わされる関係にあり、しかも、定数Kと虫体重Mとは $K=aM+B$ という一次の関係で表わし得るということが判った。係数aおよびBの項の値は殺虫剤と虫との組合せによって決まる定数であり、施用薬量を μg 、致死時間を hr、虫体重を mg で表わすと、ハスモンヨトウ幼虫の場合には、DDVP、マラソン、パラチオン、 γ -BHC および NAC について、a はそれぞれ、0.11, 1.7, 0.15, 1.0 および 0.62 (10^{-3}hr) の数値となり、B はそれぞれ、0, -4.0, 4.0, -7.0 および 0 ($\mu\text{g}\cdot\text{hr}$) の数値となった。また、ハチミツガ幼虫の場合、DDVP、パラチオンおよび γ -BHC について、a はそれぞれ、0.18, 5.0 および 24 (10^{-3}hr)、B は 0, 80, 0 ($\mu\text{g}\cdot\text{hr}$) の数値となった。

文 献

- 1) 葛西辰雄, 尾崎幸三郎: 農林水産会議研究成果, 82, 71 (1975).
- 2) 清家安長, 高山昭夫, 吉岡幸治郎: 四国植物防疫研究, 4, 71 (1969).
- 3) 杉野多万司, 深沢永光, 上山好幸: 静岡農試報告, 13, 51 (1968).
- 4) 諏訪内正名: 分析化学, 10, 921 (1961).
- 5) 諏訪内正名: 植物防疫, 15, 391 (1961).
- 6) Suwanai, M.: *Residue Review*, 25, 341 (1969).
- 7) 佐藤仁彦, 諏訪内正名: 防虫科学, 41, 112 (1976).
- 8) 小山光男, 釜野静也: 植物防疫, 30, 470 (1976).
- 9) Mitsui, T., C. Nobusawa, J. Fukami, K. Mori and K. Fukunaga: *Appl. Ent. Zool.*, 8, 27 (1973).

Summary

Experiments on the relation between the applied dose and the lethal time of some insecticides against the various instar larvae of the tobacco cutworm, *Spodoptera litura* (Fab.) and of the greater wax moth, *Galleria mellonella* L. were performed in laboratory.

When a certain dose of an insecticide was applied against a larva and it was killed by the insecticidal action after a brief time, the product of $(W-W_0)$ and $(T-T_0)$, K, had an approximately constant value as given in equation 1,

$$(W-W_0)(T-T_0)=K \quad (1)$$

where, W is the dose of an insecticide applied, W_0 is the minimum applied dose of the insecticide for killing the larva, T is the lethal time of the larva and T_0 is the minimum lethal time. The value of K for an insecticide increased straightly with the larvae developing.

Furthermore, an equation on the relation between K value and the weight of larva, M, were obtained as follows,

$$K=aM+B \quad (2)$$

where, a and B are determined by a combination of an insecticide and an insect. With expressing K in $\mu\text{g}\cdot\text{hr}$ and M in mg within equation 2, on *S. litura*, a value for dichlorvos, for malathion, for parathion, for γ -BHC and for carbaryl were 0.11, 1.7, 0.15, 1.0 and 0.62, and B were 0, -4.0, 4.0, -7.0 and 0 respectively. On the larvae of *G. mellonella*, a value for dichlorvos, for parathion and for γ -BHC were 0.18, 5.0 and 24, and B were 0, 80 and 0 respectively.

Table 1. The applied dose and the lethal time of dichlorvos against 10, 40, 100, 210 and 860mg larvae of *S. litura*.

No. dose group	Sc*, $\mu\text{g/ml}$	Sv, μl	W, μg	T, hr
<i>10 mg Larvae</i>				
1	5×10^5	1	500	0.05
2	1×10^5	1	100	0.06
3	2×10^4	1	20	0.11
4	5×10^3	1	5	0.25
5	2×10^3	1	2	0.65
6	1×10^3	1	1	1.4
7	5×10^2	1	0.5	4.0
8	3×10^2	1	0.3	12
9	2×10^2	1	0.2	26
<i>40 mg Larvae</i>				
1	5×10^5	2	1000	0.10
2	5×10^5	1	500	0.11
3	1×10^5	2	200	0.12
4	1×10^5	1	100	0.15
5	5×10^4	1	50	0.19
6	5×10^3	2	10	0.5
7	5×10^3	1	5	1.0
8	5×10^2	2	1	9.5
9	5×10^2	1	0.5	32
<i>100 mg Larvae</i>				
1	5×10^5	2	1000	0.15
2	1×10^5	2	200	0.20
3	1×10^5	1	100	0.25
4	1×10^4	5	50	0.40
5	1×10^4	2	20	0.7
6	5×10^3	2	10	1.4
7	5×10^3	1	5	3.2
8	5×10^2	5	2.5	7.5
9	5×10^2	3	1.5	23
10	5×10^2	2	1	47
<i>210 mg Larvae</i>				
1	5×10^5	4	2000	0.20
2	5×10^5	2	1000	0.22
3	5×10^4	4	200	0.31
4	5×10^4	2	100	0.45
5	1×10^4	5	50	0.7
6	1×10^4	2	20	1.8
7	2×10^3	5	10	5.0
8	2×10^3	3	6	23
9	1×10^3	5	5	49
<i>860 mg Larvae</i>				
1	5×10^5	6	3000	0.45
2	5×10^5	4	2000	0.50
3	5×10^5	2	1000	0.55
4	5×10^4	10	500	0.65
5	5×10^4	4	200	1.0
6	5×10^4	2	100	1.8
7	5×10^3	10	50	5.1
8	5×10^3	7	35	18
9	5×10^3	6	30	56

* Sc: Concentration of the insecticide in the solution used

Sv: Volume of the solution applied against a larva of *S. litura*

W: Applied dose against the larva

T: Lethal time of the larva, mean of 5 larvae

These symbols are also used in Tables 2, 3, 4 and 5.

Table 2. The applied dose and the lethal time of malathion against 10, 40, 100 and 210mg larvae of *S. litura*.

No. dose group	Sc*, $\mu\text{g/ml}$	Sv, μl	W, μg	T, hr
<i>10 mg Larvae</i>				
1	5×10^3	1	500	0.2
2	5×10^3	0.5	250	0.25
3	1×10^3	1	100	0.35
4	5×10^4	1	50	0.5
5	2×10^4	1	20	0.9
6	1×10^4	1	10	1.5
7	5×10^3	1	5	3.5
8	2×10^3	1	2	14
9	1×10^3	1	1	51
<i>40 mg Larvae</i>				
1	5×10^3	2	1000	0.4
2	1×10^3	2.5	250	0.7
3	5×10^4	2	100	1.1
4	5×10^4	1	50	1.7
5	1×10^4	2	20	4
6	1×10^4	1	10	8
7	5×10^3	1	5	22
8	2×10^3	1.5	3	63
9	2×10^3	1	2	95
<i>100 mg Larvae</i>				
1	5×10^3	3	1500	0.65
2	5×10^3	2	1000	0.8
3	5×10^3	1	500	1.0
4	5×10^4	5	250	1.4
5	5×10^4	2	100	2.4
6	5×10^4	1	50	4.5
7	2×10^3	5	10	54
8	2×10^3	3.5	7	115
<i>210 mg Larvae</i>				
1	5×10^3	4	2000	0.95
2	5×10^3	2	1000	1.3
3	1×10^3	5	500	1.7
4	1×10^3	2	200	3.0
5	2×10^4	5	100	5.3
6	1×10^4	5	50	13
7	1×10^4	3	30	34
8	1×10^4	2	20	140

* Symbols are shown in footnotes Table 1.

Table 3. The applied dose and the lethal time of parathion against 10, 40, 100, 210 and 700mg larvae of *S. litura*.

No. dose group	Sc*, $\mu\text{g/ml}$	Sv, μl	W, μg	T, hr
<i>10 mg Larvae</i>				
1	2×10^5	1	200	0.4
2	1×10^5	1	100	0.45
3	2×10^4	1	20	0.7
4	5×10^3	1	5	1.5
5	2×10^3	1	2	3.1
6	5×10^2	1	0.5	15
7	3×10^2	1	0.3	28
8	1×10^2	1	0.1	60
<i>40 mg Larvae</i>				
1	1×10^5	2	200	0.8
2	1×10^5	1	100	0.9
3	1×10^4	2	20	1.3
4	1×10^4	1	10	1.9
5	5×10^3	1	5	3.0
6	1×10^3	2	2	6.5
7	5×10^2	1	0.5	34
8	1×10^2	2	0.2	75
<i>100 mg Larvae</i>				
1	5×10^4	5	250	1.3
2	1×10^4	5	50	1.7
3	5×10^3	2	10	3.5
4	5×10^3	1	5	5.5
5	5×10^2	4	2	14
6	5×10^2	2	1	38
7	5×10^2	1	0.5	81
<i>210 mg Larvae</i>				
1	1×10^5	5	500	1.8
2	1×10^5	2	200	2.0
3	5×10^4	2	100	2.2
4	1×10^4	5	50	2.5
5	1×10^4	2	20	3.8
6	1×10^3	5	5	11
7	1×10^3	2	2	34
8	5×10^2	2	1	98
<i>700 mg Larvae</i>				
1	1×10^5	10	1000	3.4
2	1×10^5	5	500	3.6
3	1×10^4	10	100	4.6
4	1×10^4	5	50	5.8
5	1×10^4	2	20	10
6	1×10^3	10	10	19
7	1×10^3	5	5	56
8	1×10^3	3	3	120

* Symbols are shown in footnotes of Table 1.

Table 4. The applied dose and the lethal time of γ -BHC against 10, 40, 120 and 380mg larvae of *S. litura*.

No. dose group	Sc*, $\mu\text{g/ml}$	Sv, μl	W, μg	T, hr
<i>10 mg Larvae</i>				
1	5×10^5	1	500	0.20
2	1×10^5	1	100	0.23
3	2×10^4	1	20	0.35
4	1×10^4	1	10	0.5
5	2×10^3	1	2	2.0
6	1×10^3	1	1	3.6
7	5×10^2	1	0.5	10.5
8	2×10^2	1	0.2	51
<i>40 mg Larvae</i>				
1	5×10^5	2	1000	0.45
2	1×10^5	2	200	0.6
3	1×10^5	1	100	0.8
4	1×10^4	2	20	2.5
5	1×10^4	1	10	5.5
6	2×10^3	2.5	5	17
7	2×10^3	1.5	3	82
<i>120 mg Larvae</i>				
1	2×10^5	5	1000	0.7
2	1×10^5	5	500	0.95
3	1×10^5	2	200	1.3
4	2×10^4	5	100	2.0
5	1×10^4	5	50	3.0
6	1×10^4	2.5	25	6.9
7	1×10^4	2	20	8.8
8	2×10^3	5	10	40
9	2×10^3	3.5	7	125
<i>380 mg Larvae</i>				
1	2×10^5	10	2000	1.5
2	2×10^5	5	1000	1.9
3	1×10^5	5	500	2.3
4	5×10^4	4	200	3.4
5	5×10^4	2	100	6.0
6	1×10^4	5	50	14
7	1×10^4	2	20	146

* Symbols are shown in footnotes of Table 1.

Table 5. The applied dose and the lethal time of carbaryl against 10, 40, 100, 380 and 750mg larvae of *S. litura*.

No. dose group	Sc*, $\mu\text{g/ml}$	Sv, μl	W, μg	T, hr
<i>10 mg Larvae</i>				
1	1.5×10^5	2	300	0.10
2	7.5×10^4	1	75	0.18
3	2.5×10^4	1	25	0.35
4	1×10^4	1	10	0.75
5	5×10^3	1	5	1.5
6	1×10^3	1	1	13
7	5×10^2	1	0.5	45
<i>40 mg Larvae</i>				
1	2.5×10^5	3	750	0.2
2	2.5×10^5	2	500	0.25
3	5×10^4	2	100	0.45
4	5×10^4	1	50	0.7
5	2.5×10^4	1	25	1.2
6	1×10^4	2	20	1.5
7	1×10^4	1	10	3.0
8	2.5×10^3	2	5	6.5
9	1×10^3	2	2	25
10	1×10^3	1	1	69
<i>100 mg Larvae</i>				
1	2×10^5	5	1000	0.3
2	2×10^5	2	400	0.45
3	5×10^4	4	200	0.6
4	1×10^4	5	50	1.6
5	1×10^4	2.5	25	3.0
6	1×10^4	1	10	8.0
7	1×10^3	5	5	21
8	1×10^3	3	3	63
9	1×10^3	2	2	98
<i>380 mg Larvae</i>				
1	3×10^5	5	1500	0.6
2	2×10^5	5	1000	0.85
3	1×10^5	5	500	1.1
4	5×10^4	4	200	1.8
5	5×10^4	2	100	3.2
6	1×10^4	5	50	6.5
7	5×10^3	4	20	24
8	5×10^3	3	15	47
9	5×10^3	2	10	130
<i>750 mg Larvae</i>				
1	2.5×10^5	10	2500	0.9
2	2.5×10^5	5	1500	1.3
3	7.5×10^4	10	750	1.6
4	7.5×10^4	4	300	2.5
5	1.5×10^4	10	150	4.5
6	1.5×10^4	5	75	11
7	5×10^3	10	50	25
8	5×10^3	6	30	146

* Symbols are shown in footnotes of Table 1.

Table 6. The applied dose and the lethal time of dichlorvos against 10, 25, 60 and 180mg larvae of *G. mellonella*.

No. dose group	Sc*, $\mu\text{g/ml}$	Sv, μl	W, μg	T, hr
<i>10 mg Larvae</i>				
1	5×10^5	1	500	0.10
2	1×10^5	1	100	0.12
3	2×10^4	1	20	0.2
4	1×10^4	1	10	0.3
5	2×10^3	1	2	0.9
6	1×10^3	1	1	2.5
7	3×10^2	1	0.3	25
<i>25 mg Larvae</i>				
1	5×10^5	1	500	0.15
2	1×10^5	1	100	0.20
3	5×10^4	1	50	0.25
4	1×10^4	2	20	0.4
5	1×10^4	1	10	0.6
6	5×10^3	1	5	1.1
7	1×10^3	2	2	3
8	1×10^3	1	1	9
9	5×10^2	1	0.5	72
<i>60 mg Larvae</i>				
1	5×10^5	1	500	0.25
2	1×10^5	1	100	0.35
3	5×10^4	1	50	0.45
4	1×10^4	2	20	0.8
5	1×10^4	1	10	1.3
6	5×10^3	1	5	3
7	1×10^3	2	2	12
8	1×10^3	1	1	90
<i>180 mg Larvae</i>				
1	5×10^5	4	2000	0.40
2	5×10^5	2	1000	0.43
3	1×10^5	5	500	0.48
4	1×10^5	2	200	0.6
5	1×10^5	1	100	0.7
6	1×10^4	5	50	1.1
7	1×10^4	2	20	2.6
8	2×10^3	5	10	9.0
9	2×10^3	3	6	120

*Sc: Concentration of the insecticide in the solution used

Sv: Volume of the solution applied against a larva of *G. mellonella*

W: Applied dose against the larva

T: Lethal time of the larva, mean of 5 larvae

These symbols are also used in Tables 7 and 8.

Table 7. The applied dose and the lethal time of parathion against 10, 25, 60 and 180mg larvae of *G. mellonella*.

No. dose group	Sc*, $\mu\text{g/ml}$	Sv, μl	W, μg	T, hr
<i>10 mg Larvae</i>				
1	4×10^5	1	400	3
2	2×10^5	1	200	3.7
3	5×10^4	1	50	5.7
4	2×10^4	1	20	10
5	1×10^4	1	10	19
6	2×10^3	1	2	98
<i>25 mg Larvae</i>				
1	4×10^5	2	800	5
2	2×10^5	1	200	6
3	5×10^4	1	50	9.5
4	1×10^4	2	20	17
5	1×10^4	1	10	35
6	2×10^3	1.5	3	120
<i>60 mg Larvae</i>				
1	4×10^5	5	2000	8.0
2	4×10^5	2.5	1000	8.4
3	1×10^5	2	200	10
4	1×10^5	1	100	12
5	5×10^4	1	50	16
6	1×10^4	2	20	33
7	1×10^4	1	10	85
8	2×10^3	2.5	5	150
<i>180 mg Larvae</i>				
1	4×10^5	7.5	3000	14
2	4×10^5	2.5	1000	15
3	1×10^5	5	500	16
4	1×10^5	2	200	19
5	1×10^5	1	100	27
6	1×10^4	5	50	48
7	1×10^4	3	30	112
8	1×10^4	2	20	240

* Symbols are shown in footnotes of Table 6.

Table 8. The applied dose and the lethal time of γ -BHC against 10, 25, 60 and 180mg larvae of *G. mellonella*.

No. dose group	Sc*, $\mu\text{g/ml}$	Sv, μl	W, μg	T, hr
<i>10 mg Larvae</i>				
1	5×10^5	1	500	4
2	1×10^5	1	100	6.5
3	5×10^4	1	50	9
4	2×10^4	1	20	17
5	1×10^4	1	10	35
6	2×10^3	1	2	144
<i>25 mg Larvae</i>				
1	5×10^5	2	1000	7
2	5×10^5	1	500	8.2
3	1×10^5	2	200	10
4	5×10^4	1	50	21
5	2×10^4	1	20	48
6	5×10^3	1	5	180
<i>60 mg Larvae</i>				
1	5×10^5	4	2000	9
2	5×10^5	2	1000	10.5
3	5×10^5	1	500	12
4	5×10^4	4	200	14
5	5×10^4	2	100	24
6	5×10^4	1	50	46
7	1×10^4	1	10	215
<i>180 mg Larvae</i>				
1	5×10^5	6	3000	17
2	5×10^5	4	2000	19
3	5×10^5	2	1000	22
4	5×10^5	1	500	26
5	5×10^4	4	200	42
6	5×10^4	2	100	78
7	1×10^4	3	30	245

* Symbols are shown in footnotes of Table 6.

Table 9. Values of W , W_0 , T , T_0 and K for dichlorvos against 10, 40, 100, 210 and 860mg larvae of *S. litura*.

W^* , μg	W_0 , μg	T , hr	T_0 , hr	K , $\mu\text{g}\cdot\text{hr}$
<i>10 mg Larvae</i>				
500	0.2	0.05	0.05	0
100	0.2	0.06	0.05	1.00
20	0.2	0.11	0.05	1.08
5	0.2	0.25	0.05	0.96
2	0.2	0.65	0.05	1.08
1	0.2	1.4	0.05	1.08
0.5	0.2	4.0	0.05	1.19
0.3	0.2	12	0.05	1.24
0.2	0.2	26	0.05	0
<i>40 mg Larvae</i>				
1000	0.5	0.10	0.1	0
500	0.5	0.11	0.1	5.00
200	0.5	0.12	0.1	3.99
100	0.5	0.15	0.1	4.98
50	0.5	0.19	0.1	4.46
10	0.5	0.5	0.1	3.96
5	0.5	1.0	0.1	4.05
1	0.5	9.5	0.1	4.20
0.5	0.5	32	0.1	0
<i>100 mg Larvae</i>				
1000	1	0.15	0.15	0
200	1	0.20	0.15	9.95
100	1	0.25	0.15	9.90
50	1	0.4	0.15	12.3
20	1	0.7	0.15	10.4
10	1	1.4	0.15	11.3
5	1	3.2	0.15	12.2
2.5	1	7.5	0.15	11.0
1.5	1	23	0.15	11.4
1	1	47	0.15	0
<i>210 mg Larvae</i>				
2000	5	0.20	0.2	0
1000	5	0.22	0.2	19.9
200	5	0.31	0.2	21.5
100	5	0.45	0.2	23.8
50	5	0.7	0.2	22.5
20	5	1.8	0.2	24.0
10	5	5.0	0.2	24.0
6	5	23	0.2	22.8
5	5	49	0.2	0
<i>860 mg Larvae</i>				
3000	30	0.45	0.45	0
2000	30	0.50	0.45	98.5
1000	30	0.55	0.45	97.0
500	30	0.65	0.45	94.0
200	30	1.0	0.45	93.5
100	30	1.8	0.45	94.5
50	30	5.1	0.45	93.0
35	30	18	0.45	87.8
30	30	56	0.45	0

* W : Applied dose of the insecticide against a larva of *S. litura* W_0 : The minimum applied dose of the insecticide T : Lethal time of the larva T_0 : The minimum lethal time K : The product of $(W-W_0)$ and $(T-T_0)$

These symbols are also used in Tables 10, 11, 12 and 13.

Table 10. Values of W, W₀, T, T₀ and K for malathion against 10, 40, 100 and 210mg larvae of *S. litura*.

W*, μg	W ₀ , μg	T, hr	T ₀ , hr	K, $\mu\text{g}\cdot\text{hr}$
<i>10 mg Larvae</i>				
500	1	0.2	0.2	0
250	1	0.25	0.2	12.5
100	1	0.35	0.2	14.8
50	1	0.5	0.2	14.7
20	1	0.9	0.2	13.3
10	1	1.5	0.2	11.7
5	1	3.5	0.2	13.2
2	1	14	0.2	13.8
1	1	51	0.2	0
<i>40 mg Larvae</i>				
1000	2	0.4	0.4	0
250	2	0.7	0.4	74.4
100	2	1.1	0.4	58.8
50	2	1.7	0.4	62.4
20	2	4	0.4	64.8
10	2	8	0.4	60.8
5	2	22	0.4	63.8
3	2	63	0.4	62.6
2	2	95	0.4	0
<i>100 mg Larvae</i>				
1500	7	0.65	0.65	0
1000	7	0.8	0.65	149
500	7	1.0	0.65	173
250	7	1.4	0.65	182
100	7	2.4	0.65	163
50	7	4.5	0.65	166
10	7	54	0.65	160
7	7	115	0.65	0
<i>210 mg Larvae</i>				
2000	20	0.95	0.95	0
1000	20	1.3	0.95	343
500	20	1.7	0.95	360
200	20	3.0	0.95	369
100	20	5.3	0.95	348
50	20	13	0.95	362
30	20	34	0.95	335
20	20	140	0.95	0

* Symbols are shown in footnotes of Table 9.

Table 11. Values of W, W₀, T, T₀ and K for parathion against 10, 40, 100, 210 and 700mg larvae of *S. litura*.

W*, μg	W ₀ , μg	T, hr	T ₀ , hr	K, $\mu\text{g}\cdot\text{hr}$
<i>10 mg Larvae</i>				
200	0.1	0.4	0.4	0
100	0.1	0.45	0.4	5.00
20	0.1	0.7	0.4	5.87
5	0.1	1.5	0.4	5.39
2	0.1	3.1	0.4	5.13
0.5	0.1	15	0.4	5.84
0.3	0.1	28	0.4	5.52
0.1	0.1	60	0.4	0
<i>40 mg Larvae</i>				
200	0.2	0.8	0.8	0
100	0.2	0.9	0.8	9.98
20	0.2	1.3	0.8	9.90
10	0.2	1.9	0.8	10.8
5	0.2	3.0	0.8	10.6
2	0.2	6.5	0.8	10.3
0.5	0.2	34	0.8	9.96
0.2	0.2	75	0.8	0
<i>100 mg Larvae</i>				
250	0.5	1.3	1.3	0
50	0.5	1.7	1.3	19.8
10	0.5	3.5	1.3	20.9
5	0.5	5.5	1.3	18.9
2	0.5	14	1.3	19.1
1	0.5	38	1.3	18.4
0.5	0.5	81	1.3	0
<i>210 mg Larvae</i>				
500	1	1.8	1.8	0
200	1	2.0	1.8	39.8
100	1	2.2	1.8	38.6
50	1	2.5	1.8	34.3
20	1	3.8	1.8	38.0
5	1	11	1.8	36.8
2	1	34	1.8	32.2
1	1	98	1.8	0
<i>700 mg Larvae</i>				
1000	3	3.4	3.4	0
500	3	3.6	3.4	99.4
100	3	4.6	3.4	116
50	3	5.8	3.4	113
20	3	10	3.4	112
10	3	19	3.4	109
5	3	56	3.4	105
3	3	120	3.4	0

* Symbols are shown in footnotes of Table 9.

Table 12. Values of W , W_0 , T , T_0 and K for γ -BHC against 10, 40, 120 and 380mg larvae of *S. litura*.

W^* , μg	W_0 , μg	T , hr	T_0 , hr	K , $\mu\text{g}\cdot\text{hr}$
<i>10 mg Larvae</i>				
500	0.2	0.20	0.2	0
100	0.2	0.23	0.2	2.99
20	0.2	0.35	0.2	2.96
10	0.2	0.5	0.2	2.94
2	0.2	2.0	0.2	3.24
1	0.2	3.6	0.2	2.72
0.5	0.2	10.5	0.2	3.09
0.2	0.2	51	0.2	0
<i>40 mg Larvae</i>				
1000	3	0.45	0.45	0
200	3	0.6	0.45	29.6
100	3	0.8	0.45	34.0
20	3	2.5	0.45	34.8
10	3	5.5	0.45	35.4
5	3	17	0.45	33.1
3	3	82	0.45	0
<i>120 mg Larvae</i>				
1000	7	0.7	0.7	0
500	7	0.95	0.7	123
200	7	1.3	0.7	116
100	7	2.0	0.7	121
50	7	3.0	0.7	108
25	7	6.9	0.7	112
20	7	8.8	0.7	105
10	7	40	0.7	118
7	7	125	0.7	0
<i>380 mg Larvae</i>				
2000	20	1.5	1.5	0
1000	20	1.9	1.5	392
500	20	2.3	1.5	384
200	20	3.4	1.5	342
100	20	6.0	1.5	360
50	20	14	1.5	375
20	20	146	1.5	0

* Symbols are shown in footnotes of Table 9.

Table 13. Values of W, W₀, T, T₀ and K for carbaryl against 10, 40, 100, 380 and 750mg larvae of *S. litura*.

W*, μ g	W ₀ , μ g	T, hr	T ₀ , hr	K, μ g·hr
<i>10 mg Larvae</i>				
300	0.5	0.10	0.1	0
75	0.5	0.18	0.1	5.96
25	0.5	0.35	0.1	6.13
10	0.5	0.75	0.1	6.18
5	0.5	1.5	0.1	6.30
1	0.5	13	0.1	6.45
0.5	0.5	45	0.1	0
<i>40 mg Larvae</i>				
750	1	0.2	0.2	0
500	1	0.25	0.2	25.0
100	1	0.45	0.2	24.8
50	1	0.7	0.2	24.5
25	1	1.2	0.2	24.0
20	1	1.5	0.2	24.7
10	1	3.0	0.2	25.2
5	1	6.5	0.2	25.2
2	1	25	0.2	24.8
1	1	69	0.2	0
<i>100 mg Larvae</i>				
1000	2	0.3	0.3	0
400	2	0.45	0.3	59.7
200	2	0.6	0.3	59.4
50	2	1.6	0.3	62.4
25	2	3.0	0.3	62.1
10	2	8.0	0.3	61.6
5	2	21	0.3	62.1
3	2	63	0.3	63.7
2	2	98	0.3	0
<i>380 mg Larvae</i>				
1500	10	0.6	0.6	0
1000	10	0.85	0.6	248
500	10	1.1	0.6	245
200	10	1.8	0.6	228
100	10	3.2	0.6	243
50	10	6.5	0.6	236
20	10	24	0.6	234
15	10	47	0.6	232
10	10	130	0.6	0
<i>750 mg Larvae</i>				
2500	30	0.9	0.9	0
1500	30	1.3	0.9	480
750	30	1.6	0.9	504
300	30	2.5	0.9	432
150	30	4.5	0.9	432
75	30	11	0.9	455
50	30	25	0.9	482
30	30	146	0.9	0

* Symbols are shown in footnotes of Table 9.

Table 14. Values of W_0 , T_0 and K for five insecticides against the various instar larvae of *S. litura*.

Insecticides	Larvae		Minimum applied dose, W_0 μg	Minimum lethal time, T_0 hr	K, $\mu g \cdot hr$			n	K* cal $\mu g \cdot hr$
	Instar	Weight, M mg			Range	Mean	S. D.		
Dichlorvos	2	10	0.2	0.05	0.96- 1.20	1.08	0.082	7	1.1
	3	40	0.5	0.1	3.96- 5.00	4.41	0.411	7	4.4
	3	100	1	0.15	9.90-12.3	11.0	0.858	8	11
	4	210	5	0.2	19.9-23.8	22.6	1.41	7	23.1
	6	860	30	0.45	87.8-98.5	94.0	3.17	7	94.5
Malathion	2	10	1	0.2	11.7-14.9	13.4	1.02	7	13
	3	40	2	0.4	58.8-74.4	64.1	5.02	7	64
	3	100	7	0.65	149 - 182	165.4	10.1	6	166
	4	210	20	0.95	335 - 369	352.8	11.8	6	353
Parathion	2	10	0.1	0.4	5.00-5.97	5.48	0.293	6	5.5
	3	40	0.2	0.8	9.90-10.8	10.2	0.347	6	10
	3	100	0.5	1.3	18.4-20.9	19.4	0.866	5	19
	4	210	1	1.8	32.2-39.8	36.8	2.76	6	35.5
	6	700	3	3.4	99.4-116	109.2	5.63	6	109
γ -BHC	2	10	0.2	0.2	2.72-3.24	2.99	0.158	6	3
	3	40	3	0.45	29.6-35.4	33.4	2.04	5	33
	4	120	7	0.7	105 - 123	114.7	6.19	7	113
	5	380	20	1.5	342 - 392	370.8	17.8	5	373
Carbaryl	2	10	0.5	0.1	5.96-6.45	6.20	0.165	5	6.2
	3	40	1	0.2	24.0-25.2	24.8	0.371	8	24.8
	3	100	2	0.3	59.4-63.7	61.4	1.42	7	62
	5	380	10	0.6	228 - 248	236.1	7.15	7	235.6
	6	750	30	0.9	432 - 504	464.1	22.7	6	465

* Kcal: Calculated values that were substituted a , B and M of each insecticide for equation $K=a M+B$, where a for dichlorvos, for malathion, for parathion, for γ -BHC and for carbaryl are 0.11, 1.7, 0.15, 1.0 and 0.62, and B for these insecticides are 0, -4.0, 4.0, -7.0 and 0, respectively.

Table 15. Values of W , W_0 , T , T_0 and K for dichlorvos against 10, 25, 60 and 180mg larvae of *G. mellonella*.

W^* , μg	W_0 , μg	T , hr	T_0 , hr	K , $\mu\text{g}\cdot\text{hr}$
<i>10 mg Larvae</i>				
500	0.3	0.10	0.1	0
100	0.3	0.12	0.1	1.99
20	0.3	0.2	0.1	1.97
10	0.3	0.3	0.1	1.94
2	0.3	0.9	0.1	1.36
1	0.3	2.5	0.1	1.68
0.3	0.3	25	0.1	0
<i>25 mg Larvae</i>				
500	0.5	0.15	0.15	0
100	0.5	0.20	0.15	4.98
50	0.5	0.25	0.15	4.95
20	0.5	0.4	0.15	4.88
10	0.5	0.6	0.15	4.28
5	0.5	1.1	0.15	4.28
2	0.5	3	0.15	4.28
1	0.5	9	0.15	4.43
0.5	0.5	72	0.15	0
<i>60 mg Larvae</i>				
500	1	0.25	0.25	0
100	1	0.35	0.25	9.90
50	1	0.45	0.25	9.80
20	1	0.8	0.25	10.5
10	1	1.3	0.25	9.45
5	1	3	0.25	11.0
2	1	12	0.25	11.8
1	1	90	0.25	0
<i>180 mg Larvae</i>				
2000	6	0.40	0.4	0
1000	6	0.43	0.4	29.8
500	6	0.48	0.4	39.5
200	6	0.6	0.4	38.8
100	6	0.7	0.4	38.2
50	6	1.1	0.4	30.8
20	6	2.6	0.4	30.8
10	6	9.0	0.4	34.4
6	6	120	0.4	0

* W : Applied dose of the insecticide against a larva of *G. mellonella*. W_0 : The minimum applied dose of the insecticide T : Lethal time of the larva T_0 : The minimum lethal time K : The product of $(W-W_0)$ and $(T-T_0)$

These symbols are also used in Tables 16 and 17.

Table 16. Values of W , W_0 , T , T_0 and K for parathion against 10, 25, 60 and 180mg larvae of *G.mellonella*.

W^* , μg	W_0 , μg	T , hr	T_0 , hr	K , $\mu\text{g}\cdot\text{hr}$
<i>10 mg Larvae</i>				
400	2	3	3	0
200	2	3.7	3	139
50	2	5.7	3	130
20	2	10	3	126
10	2	19	3	128
2	2	98	3	0
<i>25 mg Larvae</i>				
800	3	5	5	0
200	3	6	5	197
50	3	9.5	5	212
20	3	17	5	204
10	3	35	5	210
3	3	120	5	0
<i>60 mg Larvae</i>				
2000	5	8.0	8	0
1000	5	8.4	8	398
200	5	10	8	390
100	5	12	8	380
50	5	16	8	360
20	5	33	8	375
10	5	85	8	385
5	5	150	8	0
<i>180 mg Larvae</i>				
3000	20	14	14	0
1000	20	15	14	980
500	20	16	14	960
200	20	19	14	900
100	20	27	14	1040
50	20	48	14	1020
30	20	112	14	980
20	20	240	14	0

* Symbols are shown in footnotes of Table 15.

Table 17. Values of W , W_0 , T , T_0 and K for γ -BHC against 10, 25, 60 and 180mg larvae of *G. mellonella*.

W^* , μg	W_0 , μg	T , hr	T_0 , hr	K , $\mu\text{g}\cdot\text{hr}$
<i>10 mg Larvae</i>				
500	2	4	4	0
100	2	6.5	4	245
50	2	9	4	240
20	2	17	4	234
10	2	35	4	248
2	2	144	4	0
<i>25 mg Larvae</i>				
1000	5	7	7	0
500	5	8.2	7	594
200	5	10	7	585
50	5	21	7	630
20	5	48	7	615
5	5	180	7	0
<i>60 mg Larvae</i>				
2000	10	9	9	0
1000	10	10.5	9	1485
500	10	12	9	1470
200	10	14	9	1450
100	10	24	9	1350
50	10	46	9	1480
10	10	215	9	0
<i>180 mg Larvae</i>				
3000	30	17	17	0
2000	30	19	17	3940
1000	30	22	17	4850
500	30	26	17	4230
200	30	42	17	4250
100	30	78	17	4270
30	30	245	17	0

* Symbols are shown in footnotes of Table 15.

Table 18. Values of W_0 , T_0 and K for three insecticides against the various weight larvae of *G. mellonella*.

Insecticides	Weight of larvae M , mg	Minimum applied dose, W_0 , μg	Minimum lethal time, T_0 , hr	K , $\mu\text{g}\cdot\text{hr}$			n	$K^*\text{cal}$, $\mu\text{g}\cdot\text{hr}$
				Range	Mean	S. D.		
Dichlorvos	10	0.3	0.1	1.36-1.99	1.79	0.249	5	1.8
	25	0.5	0.15	4.28-4.98	4.58	0.312	7	4.5
	60	1	0.25	9.45-11.8	10.4	0.689	6	10.8
	180	6	0.4	28.2-39.5	33.2	4.15	7	32.4
Parathion	10	2	3	126 - 139	130.8	4.98	4	130
	25	3	5	197 - 212	205.8	5.85	4	205
	60	5	8	360 - 398	381.3	12.0	6	380
	180	20	14	900 -1040	980	42.4	6	980
γ -BHC	10	2	4	234 - 248	242	5.32	4	240
	25	5	7	585 - 630	606	17.6	4	600
	60	10	9	1350-1485	1447	49.9	5	1440
	180	30	17	3940-4850	4308	261.4	5	4320

* Kcal: Calculated values that were substituted a , B and M of each insecticide for equation $K=aM+B$, where a for dichlorvos, for parathion and for γ -BHC are 0.18, 5.0 and 25, and B for these insecticides are 0, -4.0 and 0 respectively.